

1. La Tierra desde el espacio.

- El Universo está formado por miles de millones de estrellas que se agrupan en galaxias.
- Nuestra galaxia es la Vía Láctea, en uno de sus brazos se localiza una estrella común, el Sol. Ocho planetas giran a su alrededor formando el Sistema Solar, uno de ellos es la Tierra.
- Debido a la observación mediante satélites sabemos que la Tierra es un planeta azul cubierto de nubes. En su superficie diferenciamos:
 - Océanos y mares.....76 %
 - Masas continentales.....24 %
- Su principal característica es la existencia de vida que apareció relativamente pronto.
 - Edad del Universo.....
 - Edad de la Tierra.....
 - Aparición de vida.....
- En nuestro planeta distinguimos cuatro partes o subsistemas:
 - Atmósfera. Formada por gases.
 - Hidrosfera. Formada por agua, la parte helada es la Criosfera.
 - Geosfera. Formada por roca, la parte externa es la Litosfera.
 - Biosfera. Formada por seres vivos y los lugares que ocupan.

¿Por dónde se extiende la Biosfera?

- Los griegos ya intuían que la Tierra era redonda. En el año 325 a. de C. Eratostenes de Alejandría determinó con gran exactitud el valor del radio terrestre.

Investiga sobre cómo lo hizo.

- Hoy sabemos por mediciones realizadas con satélites que la Tierra está achatada por los polos. Su forma sería pues la de un esferoide y no la de una esfera.
 - $R_p = 6.356 \text{ km.}$
 - $R_e = 6.378 \text{ km.}$
 - $R_T = 6.367 \text{ km.}$

- En realidad tampoco es un esferoide perfecto pues su superficie es irregular debido a la existencia de cordilleras, continentes y fondos oceánicos. Esta forma peculiar se denomina geoide.

Dibujo.

¿Cuántos km. Recorremos si damos una vuelta a la Tierra pasando por nuestras antípodas?

2. Métodos para el estudio de la Tierra.

- La superficie terrestre cambia a lo largo del tiempo constituyendo el relieve. Si unimos este a los seres vivos y a la influencia de los mismos obtenemos el paisaje.
- La Geomorfología es la parte de la Geología que estudia la forma externa de la Tierra.
- Para conocer el interior terrestre distinguimos dos tipos de métodos:
 - Métodos directos.
 - Análisis de materiales extraídos de minas o canteras.
 - Sondeos o perforaciones. Profundidad máxima de 12 km. Investiga sobre el proyecto Mohole.
 - Métodos indirectos.
 - Permiten conocer las distintas capas o regiones.
 - Son deductivos e interpretan variaciones en distintos parámetros como la gravedad, el calor, el campo magnético o la velocidad de las ondas sísmicas.

2.1. El método gravimétrico.

- “Todos los cuerpos se atraen entre sí”. Este principio fue enunciado por Newton hace más de tres siglos en su Ley de la Gravitación Universal.
- “Dos objetos se atraen entre sí con una fuerza directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa”.

$$F = G \frac{m_1 \times m_2}{d^2}$$

- La gravedad es la fuerza con que la Tierra atrae a los objetos cercanos, de tal manera que un cuerpo que cae sobre ella se ve impulsado con una aceleración $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

$$F = G \frac{M_t \times m_c}{R_t^2}$$

$$g = G \frac{M_t}{R_t^2}$$

$$F = m_c \times g$$

- Todos los cuerpos son atraídos con una fuerza igual a su peso de tal forma que $P = m \times g$.
- Según la fórmula la gravedad, y por tanto el peso, será mayor en un planeta de mayor masa y menor en un astro más pequeño.
- En la tierra el valor de g disminuye al aumentar el valor de R , por tanto es menor en las cordilleras y en el ecuador aumentando hacia los polos y los fondos oceánicos.

Dibujo.

- Los geólogos miden la gravedad en distintos puntos de la superficie terrestre utilizando un gravímetro. Si el resultado de la medición no coincide con lo esperado se produce una anomalía gravitatoria que puede ser positiva o negativa.
- En la cima de las montañas y en las dorsales se producen anomalías negativas, en los fondos oceánicos y en las zonas de subducción anomalías positivas ¿cómo pueden explicarse?
- El valor de g también depende de la densidad de las rocas terrestres de manera que a mayor densidad mayor gravedad.
- En realidad un aumento de la densidad se debe a un aumento de la masa si mantenemos constante el espacio ocupado. Hay más masa en una esfera de hierro con un radio de 5 cm que en una de corcho con las mismas dimensiones.
- Las anomalías gravitatorias indican que:
 - Las rocas de los fondos oceánicos son más densas que las continentales.
 - Las rocas de las cordilleras son más ligeras y estas poseen unas “raíces” de tamaño proporcional a la altura de las mismas.

Dibujo.

- En las dorsales hay una disminución de masa al ascender el magma desde el manto.

- En la zona de subducción hay un aumento de masa debido al descenso de la placa y al arrastre de los sedimentos acumulados.

Dibujo.

Ejercicio. Ordena los siguientes lugares en orden creciente del valor de tu peso en cada uno de ellos: Neptuno, la Luna, el fondo del Océano Ártico, Júpiter, la cima del monte más alto de la Antártida, Machu Pichu y la costa de la Patagonia.

2.2. El método magnético.

- La Tierra genera un campo magnético. Su origen parece ser el continuo movimiento del núcleo externo, de carácter fluido, por efecto de la rotación terrestre.
- Una aguja imantada se orienta en la misma dirección del campo magnético, señalando al norte.
- El norte magnético y el geográfico no coinciden totalmente, forman un ángulo de 11° llamado ángulo de declinación magnética.
- La fuerza del campo magnético varía a lo largo del tiempo y sus polos se invierten de forma cíclica. Se han producido al menos diez inversiones en los últimos 3,5 m.a.
- Los minerales férricos de lavas y sedimentos se orientan según la dirección del campo magnético existente en la época en que se formaron.
- El estudio de la evolución del campo magnético a lo largo del tiempo se denomina paleomagnetismo y ha sido fundamental para explicar la formación de litosfera oceánica a partir de las dorsales y la expansión de los océanos.

Dibujo.

- Las rocas que contienen minerales de hierro perturban el campo magnético local. A esto le llamamos anomalía magnética.
- Las anomalías magnéticas y las anomalías gravitatorias son utilizadas por los geólogos para localizar yacimientos de rocas y minerales de interés económico.

- El campo magnético nos protege del viento solar, cargado de protones, electrones y radiaciones perjudiciales. Al ser más débil en los polos se generan las auroras boreales o australes.

Dibujo.

Busca información sobre las causas de la inversión del campo magnético.

¿Dónde se producen las auroras australes? ¿Cómo se generan? ¿Son perjudiciales o beneficiosas?

2.3. El calor de la Tierra.

- La Tierra libera energía de dos formas:
 - Puntual y violenta. Terremotos y volcanes.
 - Gradual y constante. Liberación de calor.
- Esta energía puede ser utilizada por el hombre al ser transformada en electricidad en las centrales geotérmicas.
- El origen del calor desprendido es doble:
 - Desintegración de elementos radioactivos situados en el interior.
 - Calor residual de formación ya que todavía está enfriándose.
- Al realizar un sondeo se observa un aumento de la temperatura llamado gradiente geotérmico, su valor es de 1°/ 33 m. o 30°/ km. Sin embargo este valor no se mantiene en regiones muy profundas pues el gradiente solo es válido en los primeros km de la corteza.
- A nivel superficial la Tierra presenta zonas “calientes” (vulcanismo) y zonas “frías” (fosas oceánicas) pues el flujo geotérmico no es regular.

¿Cuál sería la temperatura en el centro de la tierra si se mantuviera en su totalidad el gradiente geotérmico? ¿Cómo sería la Tierra en tal caso?

2.4. El estudio de los meteoritos.

- Los meteoritos son cuerpos de composición y tamaño variable que caen a la Tierra procedentes del espacio exterior.
- Podrían ser restos de un protoplaneta similar a la Tierra que no llegó a formarse completamente y que se disgregó al chocar con otros planetesimales.

- Existen tres tipos de meteoritos que podrían proceder de las distintas capas de dicho planeta primitivo:
 - **Sideritos.** Muy densos, formados por Fe y Ni al igual que el núcleo terrestre.
 - **Siderolitos.** Densidad media y compuesta por silicatos ferromagnesianos. Semejantes al manto.
 - **Aerolitos.** Menos densos. Silicatos de Fe y Al al igual que la corteza.

2.5. El método sísmico.

- Un movimiento sísmico o terremoto es una vibración brusca del terreno por ruptura y deslizamiento de un bloque sólido sobre otro.
- A partir de la superficie de ruptura la energía liberada se transmite en todas direcciones en forma de ondas sísmicas.
- Distinguimos dos puntos:
 - **Hipocentro.** Lugar del interior de la Tierra donde se produce la ruptura de materiales.
 - **Epicentro.** Lugar de la superficie terrestre donde antes y con mayor intensidad se percibe el efecto del terremoto. Es perpendicular al hipocentro.

Dibujo.

- El estudio de la propagación de las ondas sísmicas constituye el mejor método para investigar el interior de la Tierra.
- Existen tres tipos de ondas sísmicas:
 - **Ondas P.**
 - Primarias o longitudinales.
 - Mayor velocidad.
 - Las partículas vibran en la misma dirección en que se propaga la onda.
 - Se transmiten en todo tipo de medios.
 - **Ondas S.**
 - Secundarias o transversales.
 - Más lentas.
 - Las partículas vibran en dirección perpendicular a la propagación de la onda.

- Sólo se transmiten en medios sólidos pues la velocidad depende de la rigidez y esta es nula en materiales líquidos y gaseosos.
- Ondas superficiales.
 - Se producen al llegar a la superficie las ondas P y S.
 - Se transmiten superficialmente.
 - Producen las catástrofes.
 - Distinguimos dos tipos:
 - Ondas Rayleigh o R. Oscilan con ondulación semejante a la de las olas.
 - Ondas Love o L. Oscilan con ondulación horizontal como una serpiente.

Dibujos.

- La vibración del terreno es recogida por un sismógrafo el cuál elabora una gráfica llamada sismograma.
- La velocidad de las ondas sísmicas varía según las características del medio atravesado.
 - Mayor rigidez.....mayor velocidad.
 - Mayor densidad.....mayor velocidad.
- Cuando estas ondas pasan de un medio a otro se produce un cambio en su velocidad y en su dirección. La superficie que separa dos medios diferentes se denomina discontinuidad. Estas pueden ser de dos tipos:
 - Discontinuidad de primer grado.
 - Cambio muy brusco en la velocidad y en la dirección.
 - Separa capas diferentes formadas con materiales de distinta composición química.
 - Discontinuidad de segundo grado.
 - Cambio leve.
 - Separa regiones dentro de la misma capa pues solo cambia la rigidez y/o la densidad.
- Con los datos obtenidos por sismógrafos instalados en distintos puntos de la superficie de un planeta, y teniendo en cuenta el desfase con que llegan los distintos tipos de ondas, puede reconstruirse la gráfica de propagación de ondas sísmicas desde la superficie al centro del mismo.
- Estas gráficas permiten deducir la estructura interna.

Ejercicios fotocopia.

Gráfica de la Tierra. Pag. 245.

3. La estructura interna de la Tierra.

- Actualmente existen varios modelos para explicar la estructura interna de nuestro planeta.

3.1. Modelo geoquímico.

- Basado en la composición química de los materiales de las distintas capas. Distingue tres capas (corteza, manto y núcleo) y cuatro discontinuidades.

Dibujo.

3.2. Modelo dinámico.

- Basado en la rigidez de los materiales. Distingue cuatro capas: litosfera, astenosfera, mesosfera y endosfera.

Dibujo.

3.3. Modelo actual.

- Los modelos anteriores no han perdido vigencia pero la aparición de nuevos datos al aplicar tecnologías cada vez más avanzadas han obligado a su revisión y corrección en algunos aspectos.
- Así se llega al modelo actual que integra a los dos anteriores, cuyas capas se describen a continuación.

4. La corteza.

- En su parte superior está en contacto con la atmósfera por lo que en ella se desarrollan los procesos geológicos externos.
- Está separada del manto por la discontinuidad de Mohorovicic.
- Diferenciamos dos tipos oceánica y continental.

4.1. La corteza oceánica.

- Espesor variable entre 5 y 10 km.
- Mayor densidad 3 g/cm^3 .
- Se genera en las dorsales oceánicas.
- Su edad no supera los 180 m.a.
- Se forma a partir de materiales del manto cuando estos se funden y salen al exterior.

- Verticalmente distinguimos cuatro capas: Pag. 247
 - 1. Sedimentos marinos.
 - 2. Lavas solidificadas.
 - 3. Basaltos laminares.
 - 4. Gabros.
- Horizontalmente distinguimos las siguientes regiones: dorsal, rift, llanura abisal, islas volcánicas y fosas oceánicas.

Dibujo.

4.2. La corteza continental.

- Su espesor varía entre 30 y 80 km. y es mayor bajo las cordilleras.
- Su densidad es inferior a la de la continental $2,7 \text{ g/cm}^3$.
- Se forma en las zonas de subducción.
- La edad de sus rocas oscila entre 600 y 4000 m.a.
- Se distinguen las siguientes capas verticales: Pag. 248
 - 1. Rocas sedimentarias.
 - 2. Rocas plutónicas y volcánicas.
 - 3. Rocas metamórficas.
 - 4. Eclogitas.
- Horizontalmente distinguimos las siguientes regiones: orógeno reciente, orógeno antiguo, cratón y margen continental.
- Existen dos tipos de márgenes continentales:
 - Activo. Situado entre un orógeno y una fosa oceánica.
 - Pasivo. Formado por plataforma y talud continental.

Dibujo.

- Entre ambas se sitúa la corteza de transición formada por bloques de corteza continental con basaltos intercalados.

5. EL manto.

- Es la capa más voluminosa (83 %) y contiene la mayor parte de la masa de la Tierra.
- Se sitúa entre las dos discontinuidades de primer grado que presenta nuestro planeta: Mohorovicic y Gutenberg.
- Formado por rocas con gran contenido en silicatos de hierro, destacando entre ellas la peridotita.
- En su interior distinguimos tres zonas: manto superior, manto inferior y zona D.

5.1. El manto superior.

- Se extiende desde la discontinuidad de Mohorovicic hasta la de Repetti situada a 670 km.
- Su zona más externa posee un comportamiento dinámico semejante al de la corteza, por esta razón forma junto a ella la litosfera. Dicha capa es sólida, rígida, frágil, está fragmentada y formada por las llamadas placas litosféricas.
- El resto, situado hasta los 670 km., no es rígido pues las altas presiones y temperaturas hacen que las rocas se vuelvan mucho más plásticas. En muchos puntos de esta zona se detecta un importante descenso de la velocidad de propagación de las ondas sísmicas lo que indica que las rocas podrían estar parcialmente fundidas.
- En principio se creía que existía una capa continua de rocas altamente fluidas a la que se le llamó astenosfera.
- Hoy se cree que tal capa no existe pues el descenso de velocidad de las ondas solo se detecta en puntos de gran actividad volcánica o tectónica.

5.2. El manto inferior.

- A partir de los 670 km. los minerales adquieren una estructura más compacta y el olivino es sustituido por espinela.
- La densidad aumenta con lo que asciende la velocidad de las ondas, pero las rocas aún presentan cierta plasticidad por lo que en algunas zonas es posible un flujo de materiales.
- Estos lugares serían los canales fluidos de la mesosfera.

5.3. La zona D.

- Es el límite manto-núcleo y ocupa los últimos 200 km del manto inferior.
- Presenta zonas parcialmente fundida coincidentes con los lugares del núcleo externo en los que se produce un flujo ascendente de material fundido.
- Es una región muy importante para explicar aspectos importantes de la dinámica terrestre y el origen del campo magnético.

6. El núcleo.

- Es la capa más interna y se sitúa entre la discontinuidad de Gutenberg y el centro de la Tierra.
- Representa el 16 % del volumen total del planeta (1 % restante para la corteza)
- Está compuesto por hierro y níquel (5-10 %) con algo de azufre y oxígeno.

- Presenta dos regiones separadas por la discontinuidad de Lehman: el núcleo externo y el núcleo interno.

6.1. El núcleo externo.

- Se extiende hasta los 5.100 km y se encuentra en estado líquido.
- Su densidad es de 10-12 g/cm³ y su temperatura de 3.500 ° C.
- Se material está en movimiento formando corrientes convectivas debido a las diferencias térmicas y de densidad.

6.2. El núcleo interno.

- Ocupa el centro de la Tierra y se forma de material sólido metálico.
- La densidad máxima es de 13,6 g/cm³ y la temperatura de 4.500 ° C.
- La presión es de 3,7. 10⁶ atm.
- Esta estructura de núcleo formado por una esfera interna rodeada por una capa líquida móvil se ve apoyada por la existencia del campo magnético terrestre.

Ejercicio. A partir del cuadro de la página 249 realiza un esquema en sector circular del modelo actual.

Cuestiones: Pag 243, 245, 247. Pag 262: 2, 3, 4, 9, 10, 14 y 15.